

# **MORTALIDAD POR ATROPELLO VEHICULAR Y DISTRIBUCIÓN DE ANFIBIOS Y REPTILES EN UN BOSQUE SUBANDINO EN EL OCCIDENTE DE COLOMBIA**

## **Amphibians and reptiles killed by motor vehicles in a Sub-Andean forest in western Colombia**

**FERNANDO VARGAS-SALINAS**

*Programa doctoral, Departamento de Ciencias Biológicas, Laboratorio 305, Bloque J,  
Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C., Colombia. [vargassalinasf@yahoo.com](mailto:vargassalinasf@yahoo.com)*

**INGRID DELGADO-OSPINA**

**FABIÁN LÓPEZ-ARANDA**

*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*

### **ABSTRACT**

We studied the mortality of amphibians and reptiles due to motor vehicles in a segment of 2.4Km along the Buga-Buenaventura road. This road crosses the Forestal Reserve Bosque de Yotoco, a fragment of Sub-Andean forest in the western Andes of Colombia. We also recorded the variation in composition and structure of herpetofaunal assemblages from areas close to the road versus areas away from the road (forest interior). We found a mortality rate of one vertebrate every 3-4 days; 50% were amphibians, mostly reptiles (snakes, 0.047 individual/day/Km). Amphibians appeared to be more susceptible than the reptiles to road disturbance. Amphibian richness was higher away from the road, in areas of forest interior (seven species) than in areas close to the road (four species), while reptiles exhibited an opposite pattern (twelve species close to the road versus eight species in the forest interior). Five species of amphibians and reptiles were recorded exclusively in areas near the road, five species exclusively in the forest interior, and eleven species in both areas. We discuss changes in distribution of species as a consequence of alteration in microclimatic characteristics and vegetal complexity in areas in proximity to the road, but other factors may have an influence as well (e.g., noise, pollution).

**Key words.** Amphibians, Reptiles, Herpetofauna, Effect of roads, Bosque de Yotoco.

### **RESUMEN**

Se estudió la mortalidad de anfibios y reptiles en un tramo de 2.4km de la vía Buga-Buenaventura que atraviesa la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, un fragmento de bosque subandino en la cordillera Occidental de Colombia. Se analizaron variaciones en la estructura y la composición de los ensamblajes de anfibios y reptiles desde áreas de bosque cercanas a la carretera hacia áreas alejadas de ella (interior de bosque). Se encontró una tasa de mortalidad de un vertebrado cada 3-4 días, el 50% correspondió con anfibios y reptiles (serpientes, 0.047 individuos/día/Km). Los anfibios aparentemente son más sensibles que los reptiles a perturbaciones generadas

por la carretera. Se registraron ocho especies de anfibios y trece de reptiles. La riqueza de anfibios fue mayor en áreas de interior de bosque (siete especies) que en áreas de borde de carretera (cuatro especies), mientras que los reptiles exhibieron un patrón contrario (doce especies en borde de carretera vs ocho en interior de bosque). Cinco especies de anfibios y reptiles se registraron exclusivamente en áreas adyacentes a la carretera; cinco especies se registraron exclusivamente en áreas de interior de bosque, mientras que once especies fueron compartidas en ambas áreas. Se discute la distribución de especies como resultado de posibles efectos directos e indirectos de la carretera en aspectos microclimáticos y de estructura vegetal, pero otros factores (ej. ruido, contaminación) son plausibles.

**Palabras clave.** Anfibios, Reptiles, Herpetofauna, Efecto de carreteras, Bosque de Yotoco.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población humana implica la necesidad de más espacio para la construcción de complejos urbanos, la recreación y uso de recursos naturales. Estas actividades a su vez, conllevan perturbaciones antropogénicas que modifican las características del hábitat con subsecuentes efectos en biodiversidad (Meffe & Carroll 1994). Las perturbaciones antropogénicas pueden fragmentar hábitats naturales ocasionando aislamiento de poblaciones, eliminando microhábitats necesarios para reproducción y en casos extremos promoviendo la extinción de especies (Renjifo 1999, Kattan *et al.* 2004, Becker *et al.* 2007). En Colombia hay varios estudios que buscan establecer el efecto de las perturbaciones antropogénicas en la distribución de especies de anfibios y reptiles (Cortés *et al.* 2008, Gutiérrez-Lamus *et al.* 2004, Herrera *et al.* 2004, Urbina-Cardona *et al.* 2008, Vargas-S. & Bolaños-L. 1999a,b). En estos estudios se ha encontrado que la composición de especies y estructura de ensamblajes de anfibios y reptiles varía entre hábitats con diferente nivel de disturbio, posiblemente como una respuesta a la disponibilidad de microhábitats para refugio y reproducción, disponibilidad de ítems alimenticios, y cambios en condiciones microambientales tales como humedad, exposición a vientos y radiación solar.

Las carreteras son una importante causa de perturbación antropogénica y mortalidad de animales (Trombulak & Frissell 2000, Spellerberg 2002, Forman *et al.* 2003, Fahrig & Rytwinski 2009). La pérdida de hábitat es uno de los primeros impactos que sufren las poblaciones animales debido a la construcción de una carretera. En los Estados Unidos de América, por ejemplo, la pérdida de hábitat por las carreteras *per se* se estimó hace una década en un 1% del área del territorio nacional (Forman 2000). Otros procesos derivados de la construcción y presencia de carreteras son la invasión de especies foráneas, ruido, sedimentación y contaminación química de cuerpos de agua, los cuales, pueden dispersarse cientos de metros desde la carretera hacia los ecosistemas circundantes (Forman & Lauren 1998, Trombulak & Frissell 2000) y así, afectar ecosistemas a escala regional. Por otro lado, la mortalidad de animales por atropello vehicular puede alcanzar cifras de millones por año (Spellerberg 2002). En Australia, cinco millones de ranas y reptiles mueren anualmente por atropello, mientras que en los Estados Unidos de América los estimados ascienden a un millón de vertebrados por día (Forman & Lauren 1998, Hels & Buchwald 2001).

El conocimiento que se tiene sobre los efectos ecológicos de las carreteras proviene

principalmente de estudios realizados en ecosistemas de Europa y Norteamérica (Seiler 2001) siendo con excepción de Australia, casi ausentes en ecosistemas tropicales (Goosem 1997, 2001). Además, la mayoría de estudios sobre efectos ecológicos de carreteras hace énfasis en aves y mamíferos a pesar de que los anfibios y reptiles pueden ser los vertebrados más afectados debido a su permeabilidad integumentaria, condición ectotérmica, necesidad de migración a sitios de reproducción y/o ciclos de vida complejos (Andrews *et al.* 2008). Diferencias en la funcionalidad de los ecosistemas, historia natural de las especies y dinámica de poblaciones y comunidades, hacen necesario evaluar los efectos de las carreteras en diversos ecosistemas y paisajes alrededor del planeta (Spellerberg 2002, Forman *et al.* 2003). Así, estudios en Colombia ayudarían a (1) determinar con mayor precisión los efectos ecológicos de las carreteras en los ecosistemas de nuestro país, (2) incrementar las posibilidades de éxito de eventuales planes de manejo e (3) incrementar el conocimiento actual sobre la variabilidad de los efectos de las carreteras acorde a las características del paisaje que atraviesan.

Muchas especies de anfibios y reptiles pueden experimentar mortalidad directa por atropello vehicular, ya sea porque realizan migraciones en busca de recursos que se encuentran en lados opuestos de las carreteras (Rodda 1990, Ashley & Robinson 1996, Carr & Fahrig 2001, Andrews & Gibbons 2008; ver también teoría de división de hábitat por Becker *et al.* 2007) o porque empiezan a utilizar microhábitats que surgen en sus márgenes (Caletrio *et al.* 1996, Vargas & Berrio 2009). Más aún, algunas especies pueden morir sin que haya un contacto directo con el vehículo, pues las corrientes de aire generadas por el paso de vehículos pueden ser lo suficientemente fuertes para causarles heridas severas (Holden 2002). Las carreteras también imponen efectos indirectos

en los anfibios y reptiles, pues fragmentan y crean disturbios y contaminación en sus hábitats. Estos efectos indirectos son menos conspicuos que la mortalidad de especies por atropello vehicular pero igual pueden crear disminución en la abundancia de algunas poblaciones de especies o aparentemente beneficiar otras. Por ejemplo, el ruido generado por el tráfico vehicular puede inhibir la actividad de canto en algunas especies de anfibios y promover un incremento en su tasa de canto o en su frecuencia de canto (Sun & Narins 2006, Kaiser & Hammer 2009, Parris *et al.* 2009). Estas alteraciones en el comportamiento de comunicación de anfibios puede implicar una reducción en sus probabilidades de apareo y éxito reproductivo pues una mayor tasa de canto incrementa el desgaste fisiológico de los individuos (Wells 2001), mientras que un incremento en la frecuencia de canto disminuye la distancia de comunicación probablemente reduciendo las oportunidades de atraer parejas (Parris *et al.* 2009). En algunas especies de serpientes se ha observado que un incremento en diversidad de presas en hábitats asociados a carreteras puede incrementar la densidad de sus poblaciones (Sullivan 1981), mientras que en lagartos y tortugas los bordes de carretera pueden ofrecer recursos atractivos para reproducción (Hodar *et al.* 2000, Aresco 2005).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de (1) estimar la tasa de mortalidad por atropellamiento en anfibios y reptiles en el segmento de la carretera Buga-Buenaventura que atraviesa la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, un fragmento de bosque subandino localizado en la cordillera occidental del Valle del Cauca y (2) analizar el efecto que dicha carretera puede producir en la distribución de especies de anfibios y reptiles del área. Éste es, hasta nuestro conocimiento, la primera publicación sobre efectos ecológicos de carreteras sobre vertebrados en Colombia, y esperamos que se promueva la elaboración

de más estudios sobre el tema. Estudiar los efectos ecológicos que las carreteras pudiesen generar en la herpetofauna, y vertebrados en general, que persisten en áreas protegidas como la Reserva Forestal Bosque de Yotoco es importante si se tiene en cuenta que, los andes colombianos son reconocidos por su alta biodiversidad y por ser centro de diversificación de especies (Lynch *et al.* 1997; Kattan *et al.* 2004).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Reserva Forestal Bosque de Yotoco es un bosque subandino localizado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental en el Departamento del Valle del Cauca (3° 53' 18" Norte; 76° 24' 5" Oeste). La reserva posee 559 Ha de área boscosa cuya principal función es preservar el recurso hídrico que surte el Municipio de Yotoco y áreas adyacentes. La Reserva Bosque de Yotoco está localizada entre los 1200 y 1700m de altitud y exhibe pendientes que varían entre los 20 y 40 grados, su precipitación media anual es mayor a los 1100mm y su temperatura promedio es de 22°C (Escobar 1982). Cerca de 2 Km de la carretera Buga-Buenaventura, construida hace más de 40 años, divide la Reserva en dos partes. El fragmento más grande (llamado en este estudio "Yotoco Bajo, YB") posee el 82% del área total de la reserva y está localizado hacia el sur de la carretera. El otro fragmento posee el 18% del área de la reserva y fue denominado en este estudio "Yotoco Alto (YA)". En YA se encuentra un área despejada de vegetación donde se ubican las instalaciones de los funcionarios de la Corporación Autónoma del Valle (CVC), de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira e investigadores, una estación climatológica y las instalaciones para campamentos de turistas y estudiantes.

*Mortalidad en carretera*- Durante seis meses (Febrero a Julio de 2006) se hicieron dos caminatas por semana (en lo posible miércoles y domingo para que fuesen equidistantes en tiempo) a lo largo del segmento de la carretera que atraviesa la Reserva Bosque de Yotoco, con el objetivo de registrar los vertebrados muertos en la vía. Las caminatas siempre comenzaron y terminaron 200 m antes y después de cada uno de los extremos de la reserva. Por consiguiente, las caminatas incluyeron 400 m de vía por fuera de los límites legales de la Reserva Bosque de Yotoco (total monitoreado 2.4Km.), pero que fueron incluidos debido a la continuidad del bosque y/o la ausencia de dichos límites legales para los animales. A cada individuo muerto, ó carcasa registrada en la vía, se le anotó fecha de observación y se identificó hasta género o especie cuando fue posible. Todas las carcasas fueron removidas para evitar registrarlas más de una vez. Algunos de los especímenes colectados fueron depositados en la colección de herpetología de la Universidad del Valle (UVC 15589, 15593, 15595).

*Distribución de especies*- Se utilizaron 28 cuadrantes de muestreo, cada uno de 15 x 15m (225 m<sup>2</sup>) los cuales, fueron distribuidos cerca de la carretera (10 m desde la verja) y lejos de ella (interior de bosque, >150m desde la verja). Siete cuadrantes fueron localizados al margen sur de la carretera (YB), siete al margen norte (YA), siete en interior de bosque de YA, y siete en interior de bosque de YB. Algunos de los cuadrantes en cada una de las cuatro áreas de muestreo fueron localizadas en una quebrada, excepto en interior de bosque de YA debido a la ausencia de corrientes de agua.

Los muestreos en cada cuadrante tuvieron una duración de una hora. Los muestreos nocturnos se realizaron entre las 1800 y 2400 horas, mientras que los muestreos diurnos se realizaron entre las 0800 y 1100 horas; cuando esto último no fue posible, los muestreos

diurnos se realizaron entre las 1400 y 1700 horas. Se hizo un mismo esfuerzo de muestreo por cuadrante, pero durante la noche el esfuerzo fue más intensivo debido a que ofrecía mayor posibilidad de registrar individuos y especies, incluyendo reptiles de actividad diurna pero que duermen expuestos sobre vegetación en la noche. El esfuerzo de muestreo total fue equivalente a 172 horas/hombre (112 nocturnas, 60 diurnas). La técnica de muestreo en los cuadrantes fue complementada con “encuentros visuales aleatorios” (Crump & Scott 1994): caminatas a lo largo de caminos y trochas localizadas entre los cuadrantes de una misma área de muestreo. Se invirtió en esta última técnica un esfuerzo de muestreo equivalente a 70 horas/hombre (40 en la noche, 30 en el día). Todos los individuos fueron capturados a mano, fotografiados e identificados con base en conocimiento previo (Vargas *et al.* 1997), posible presencia en el área de estudio y descripción en literatura (Pérez-Santos & Moreno 1988, Lynch 1998, 1999, ver también anexo 1).

## Análisis de datos

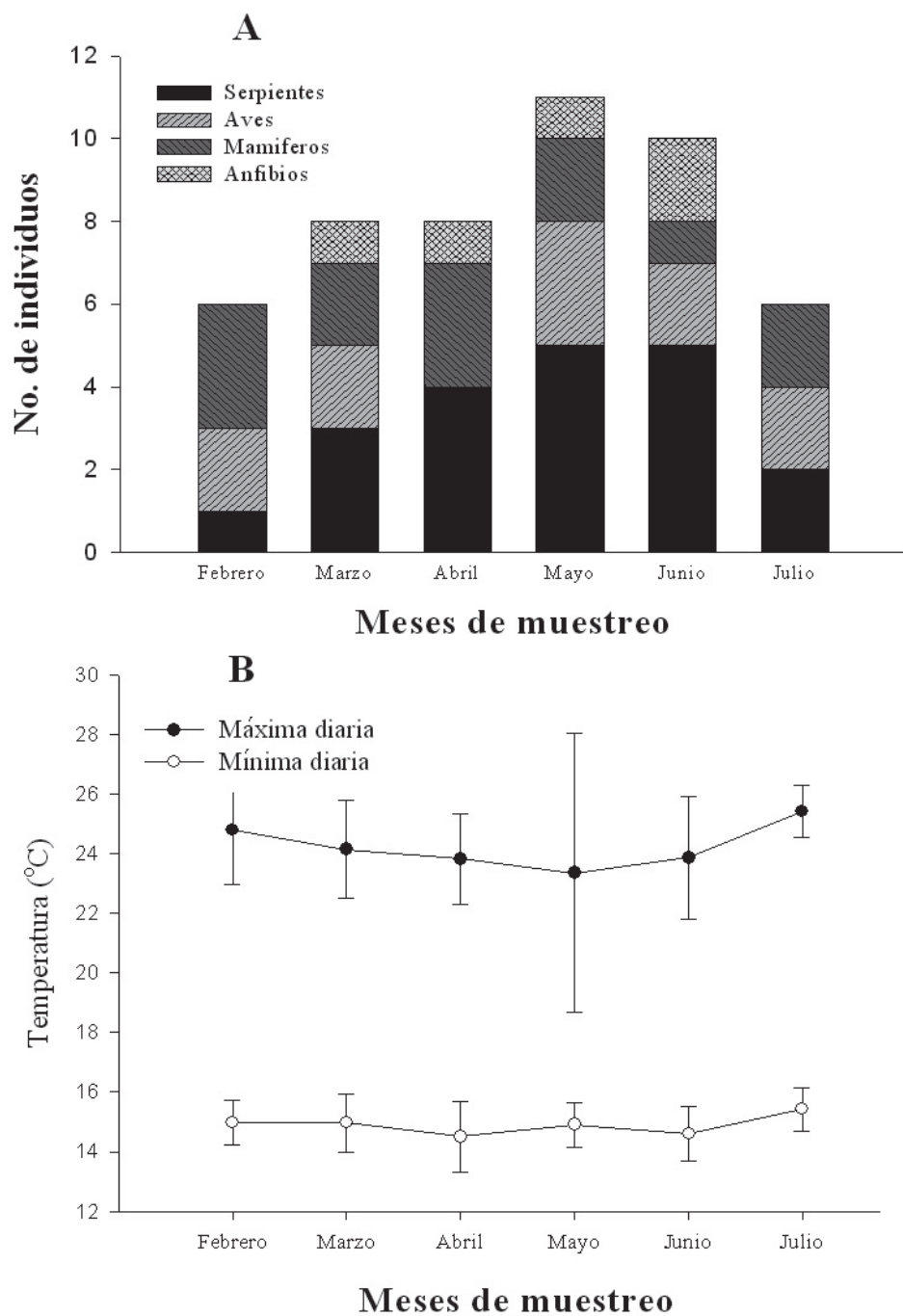
La riqueza fue considerada como el número de especies mientras que el número de individuos por especie se consideró un estimado de su abundancia. Para comparar la composición y estructura de los ensamblajes de anfibios y reptiles en áreas cerca de carretera e interior de bosque se utilizaron análisis de agrupamiento con base en distancias euclidianas. Los cálculos matemáticos se hicieron en el programa STATISTICA Versión 5 (StatSoft Inc. 1997; <http://www.statsoft.com>).

## RESULTADOS

**Mortalidad en carretera-** Se registraron 49 individuos muertos en la vía, cinco de ellos fueron anfibios y 20 fueron reptiles, todos serpientes (Figura 1a, Anexo 2). La única

especie de anfibio atropellada fue *Rhinella marina* Linnaeus 1758 mientras que las especies de serpiente con mayor frecuencia de registro fueron *Clelia clelia* Daudin 1803 y *Oxyrhopus petola* Linnaeus 1758. Los 49 vertebrados muertos en la carretera durante el periodo efectivo de monitoreo (176 días) arrojan una tasa de atropello de 3.59, es decir, un vertebrado muerto cada tres-cuatro días en el segmento de la carretera monitoreado; 50% de ellos son un anfibio o un reptil. Para las serpientes en particular, la tasa de mortalidad fue de 0.047 individuos/día/Km (una serpiente muerta cada 21 días/Km). Los datos fueron pocos para establecer un patrón de mortalidad temporal o espacial a lo largo del fragmento de carretera estudiado, pero el registro de serpientes fue levemente mayor en meses con una aparente reducción de temperatura máxima diaria (Figura 1b).

**Distribución de especies-** En los cuadrantes de muestreo y a lo largo de los caminos y trochas entre ellos, se registraron ocho especies de anfibios y trece de reptiles (tabla 1). La riqueza y abundancia de anfibios fue mayor en áreas de interior de bosque que en áreas de borde de carretera, mientras que los reptiles exhibieron un patrón contrario (tabla 1). La composición de especies varió entre las áreas muestreadas: cinco especies se registraron exclusivamente en áreas adyacentes a la carretera; cinco especies se registraron exclusivamente en áreas de interior de bosque; once especies fueron compartidas en ambas áreas pero algunas de ellas, como la ranita rubí *Ranitomeya bombetes* Myers & Daly 1980 y el lagarto *Lepidoblepharis duolepis* Ayala & Castro 1983, fueron más abundantes en interior de bosque que en borde de carretera. Con respecto a las especies y su abundancia, las áreas cercanas a carretera fueron más similares entre sí que con áreas de interior de bosque (Figura 2).



**Figura 1.** A: Grupos de vertebrados atropellados en la vía Buga-Buenaventura que atraviesa la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Valle del Cauca. B: Promedio mensual de temperaturas máximas y mínimas en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco. Datos de la estación climatológica de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca CVC en el área de estudio.

**Tabla 1.** Abundancia de anfibios y reptiles registrada en zonas de vegetación de borde de carretera y zonas de interior de bosque. Terrestre (Te), Arbórea (Ar), Diurna (Di), Nocturna (Noc). No se incluyen individuos y especies atropellados en la carretera ó registrados fuera del área de muestreos (ej. *Dendropsophus columbianus*, *Bothrops asper*, *Pseustes cf. shropshirei*, *Dendrophidium bivitattus*, *Urotheca decipiens*).

| Taxón                             | Actividad | Yotoco Alto |          | Yotoco Bajo |          |
|-----------------------------------|-----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                                   |           | Borde       | Interior | Borde       | Interior |
| <b>Bufonidae</b>                  |           |             |          |             |          |
| <i>Rhinella marina</i>            | Te-Noc    | 13          | -        | 5           | -        |
| <b>Strabomantidae</b>             |           |             |          |             |          |
| <i>Strabomantis ruizi</i>         | Te-Di     | -           | 6        | -           | 13       |
| <i>Pristimantis erythropleura</i> | Ar-Noc    | -           | 2        | -           | 5        |
| <i>P. orpacobates</i>             | Ar-Noc    | -           | 5        | -           | 11       |
| <i>P. palmeri</i>                 | Ar-Noc    | 23          | 24       | 22          | 8        |
| <b>Centrolenidae</b>              |           |             |          |             |          |
| <i>Centrolene savagei</i>         | Ar-Noc    | 9           | -        | -           | 31       |
| <b>Dendrobatidae</b>              |           |             |          |             |          |
| <i>Hyloxalus fascianigrus</i>     | Te-Di     | -           | 1        | -           | -        |
| <i>Ranitomeya bombetes</i>        | Te-Di     | 2           | 19       | 1           | -        |
| <b>Geckonidae</b>                 |           |             |          |             |          |
| <i>Lepidoblepharis duolepis</i>   | Te-Di     | 2           | 19       | 3           | 18       |
| <b>Gymnophthalmidae</b>           |           |             |          |             |          |
| <i>Euspondylus stenolepis</i>     | Te-Di     | -           | 1        | 1           | 2        |
| <b>Polychrotidae</b>              |           |             |          |             |          |
| <i>Anolis fraseri</i>             | Ar-Di     | -           | 1        | -           | -        |
| <i>Norops antonii</i>             | Ar-Di     | 12          | 27       | 11          | 32       |
| <b>Colubridae</b>                 |           |             |          |             |          |
| <i>Clelia clelia</i>              | Te-Di     | 3           | -        | 1           | -        |
| <i>Leptophis ahaetulla</i>        | Ar-Te-Di  | 1           | 1        | -           | 1        |
| <i>Erythrolamprus bizona</i>      | Te-Di     | 2           | 1        | -           | 1        |
| <i>Lampropeltis triangulum</i>    | Te-Ar-Di  | -           | -        | 1           | -        |
| <i>Imantodes cenchoa</i>          | Ar-Noc    | 3           | 1        | 2           | 2        |
| <i>Oxyrhopus petola</i>           | Te-Di     | 4           | -        | 3           | -        |
| <i>Sibon nebulatus</i>            | Ar-Noc    | -           | 1        | 1           | -        |
| <i>Tantilla longifrontalis</i>    | Te-Di     | -           | -        | 2           | -        |
| <b>Elapidae</b>                   |           |             |          |             |          |
| <i>Micrurus mipartitus</i>        | Te-Di     | 1           | -        | 1           | 2        |

## DISCUSIÓN

**Mortalidad en carretera-** El registro de una menor mortalidad de anfibios con respecto a los reptiles en el área de estudio puede deberse a que la mayoría de especies de anfibios en el Bosque de Yotoco (anexo 1) son de tamaño corporal pequeño y son activos en sustratos arbóreos o en hojarasca; estas características posiblemente hacen que se inhiban de transitar en un área abierta

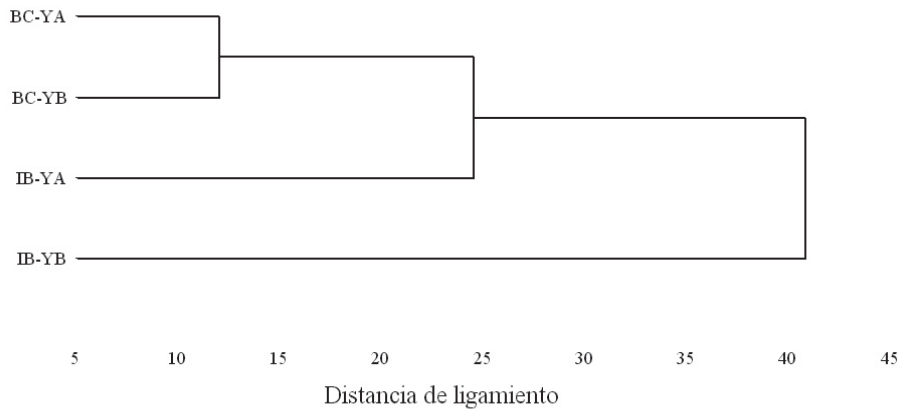
y carente de vegetación como la carretera (Becker *et al.* 2007). Esto es acorde a otros estudios donde diversas especies de anfibios han evitado transitar en sustratos como el asfalto de las carreteras debido a su alcalinidad y/o riesgos de desecación (Lesbarrères *et al.* 2004). Por otro lado, en el área de estudio predominan especies de anfibios con reproducción terrestre (anexo 1), lo cual hace que los individuos puedan encontrar en un mismo fragmento de bosque



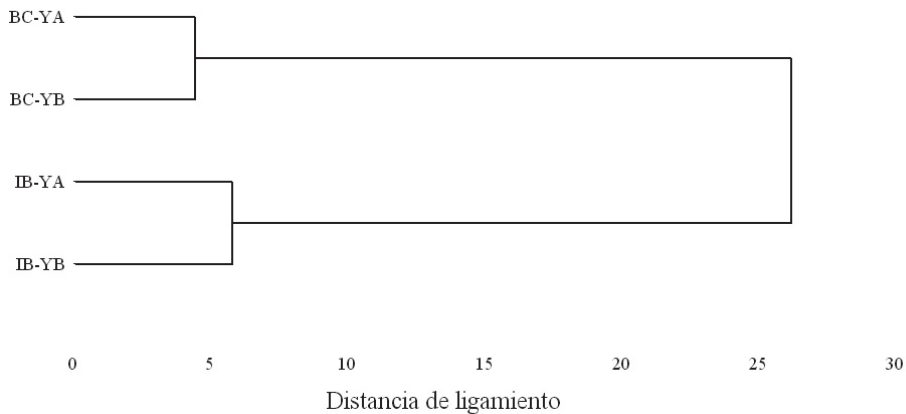
(YA o YB) los microhábitats de alimentación, refugio y reproducción necesarios, sin que requieran realizar migraciones a través de hábitats antropogénicos con alto riesgo de mortalidad (Becker *et al.* 2007). En nuestro caso de estudio, el sapo común *R. marina* fue el único anfibio encontrado muerto en la carretera, lo cual, es atribuido a su vagilidad y comportamiento oportunístico. Algunas

características de los individuos de esta especie que los hacen susceptibles a morir atropellados es que usan las carreteras como rutas de dispersión (Brown *et al.* 2006), y a que puede alimentarse de invertebrados asociados a vegetación de borde, y/o puede reproducirse en charcas temporales que se forman a los lados de las vías después de fuertes lluvias (F. Vargas, *observ. pers.*).

**Anfibios**



**Reptiles**



**Figura 2.** Dendrogramas mostrando la similitud entre las áreas de bosque adyacentes a la carretera Buga-Buenaventura y el interior de bosque en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco. BC-YA: Borde de carretera en Yotoco Alto; BC-YB: Borde de carretera en Yotoco Bajo; IB-YA: Interior de bosque en Yotoco Alto; IB-YB: Interior de bosque en Yotoco Bajo. En este análisis no se incluyen individuos y especies atropelladas en la carretera (e.g. *Bothrops asper*; *Urotheca decipiens*) ó registradas fuera del área de muestreos (e.g. *Dendropsophus colombianus*, *Pseustes cf. shropshirei*, *Dendrophidium bivittatus*).



Muchas serpientes necesitan rangos de hogar medianos a grandes para encontrar pareja, alimento y/o refugio (Green 1997, Pough *et al.* 1998), lo que podría aumentar las probabilidades de que la carretera en este estudio atravesara el rango de actividad de algunos individuos, aumentando su frecuencia de atropellos. Además, el comportamiento de termorregulación de las serpientes sobre sustratos calentados por el sol, tales como la superficie de carreteras, ha sido señalado como una importante causa promoviendo su mortalidad por atropello (Gibbons & Semlitsch 1987, Ashley & Robinson 1996, Shine *et al.* 2004). El leve incremento de serpientes muertas en meses con mayor reducción en la temperatura máxima diaria es acorde con la hipótesis de termorregulación (Bernardino & Dalrymple 1992, Pinowsky 2005), no obstante, no pueden descartarse explicaciones alternas. Por ejemplo, se ha registrado que individuos de algunas especies de serpientes se inmovilizan ante un vehículo aproximándose, comportamiento que ha sido discutido por Andrews & Gibbons (2005) como una estrategia antidepredatoria que evolucionó en serpientes y que las hace reaccionar de forma equívoca ante estímulos antropogénicos como la luz artificial de los vehículos. Una hipótesis similar ha sido propuesta para algunas especies de anfibios anuros (Mazerolle *et al.* 2005).

*Distribución de especies*- La riqueza de anfibios fue levemente mayor en áreas de interior de bosque posiblemente porque son vertebrados susceptibles a alteraciones microclimáticas y disponibilidad de microhábitats vegetales. Los cuadrantes en áreas adyacentes a la carretera poseían una menor complejidad y densidad de sotobosque que las áreas de interior de bosque (F. Vargas, *observ. pers.*). Igualmente, las áreas cercanas a la carretera poseían pocos árboles grandes en comparación a áreas de interior de bosque, aunque en general en la Reserva

predominan árboles de poca envergadura (Escobar *et al.* 1982). Por lo tanto, el interior de bosque tiene mayor complejidad vegetal (incluyendo la presencia de epífitas y troncos grandes caídos) que las áreas adyacentes a la carretera, lo cual, puede ofrecer más variedad y abundancia de microhábitats a los anfibios. Esta hipótesis encuentra sustento en estudios que sugieren una relación positiva entre complejidad vegetal y riqueza y abundancia de individuos en anfibios (Gutiérrez-Lamus *et al.* 2004, Gutiérrez-Cárdenas 2005, García *et al.* 2005). Un posible efecto de la carretera Buga-Buenaventura en la vegetación del Bosque de Yotoco necesita ser estudiado, pero incrementos en la tasa de erosión, polución química, dispersión de polvo y cambios en humedad y temperatura son aspectos asociados a las carreteras que pueden afectar el crecimiento de vegetación en sus alrededores (Spellerberg 2002, Forman *et al.* 2003).

El área abierta que implica la presencia de la carretera favorece el flujo de aire a través del bosque (Forman *et al.* 2003), lo que podría reducir los niveles de humedad en la vegetación y afectar la actividad y abundancia de organismos como los anfibios (Myers 1969). Dicha reducción en humedad en la vegetación podría incluso afectar la distribución de reptiles muy pequeños (p.e. *Lepidoblepharis duolepis* Ayala & Castro 1983) cuya relación área/volumen los haría dependientes de microhábitats húmedos como aquellos que se dan bajo troncos caídos grandes, los cuales fueron casi ausentes en los cuadrantes cercanos a la carretera. Sin embargo, es de esperar que una reducción en niveles de humedad debido a efectos derivados de la carretera afecte más a los anfibios que a los reptiles, ya que estos últimos poseen un integumento con escamas y reproducción a través de huevo amniótico. De hecho, la mayoría de especies de reptiles registradas en la Reserva (*Norops antonii* Boulenger 1908, *Bothrops asper*

Garman 1884, *Clelia clelia*, *Erythrolamprus bizona* Jan 1863, *Lampropelthis triangulum* Lacépède 1789, *Imantodes cenchoa* Linnaeus 1758, *Micrurus mipartitus* Duméril, Bibron & Duméril 1854, *Tantilla longifrontalis* Linnaeus 1758), también habitan áreas de bosque seco tropical en el Valle del Cauca (Castro & Vargas 2008).

Aunque interpretamos los patrones de distribución de anfibios y reptiles en el área de estudio como consecuencia de cambios en estructura vegetal y aspectos microclimáticos que pueden estar directa o indirectamente asociados a la carretera, no se pueden descartar otros procesos tales como polución acústica. El ruido es considerado el disturbio más importante que se deriva de las carreteras porque interfiere con la óptima comunicación acústica de animales, genera estrés en ellos, y eventualmente reduce la eficacia biológica de sus poblaciones (Forman *et al.* 2003). Los anfibios pueden experimentar una reducción en la eficacia de su comunicación debido al ruido generado en carreteras (Madhusudan & Paige 2004, Sun & Narins 2005, Bee & Swanson 2007.). Sin embargo, el volumen de tráfico, y por ende el ruido asociado, se reduce significativamente durante la noche, que es cuando la mayoría de anfibios en el área de estudio son activos (Vargas *et al.* 2006). Por otro lado, ya que la mayoría de reptiles no se comunica acústicamente (Pough *et al.* 1998) el ruido asociado al tráfico automotor no aparenta ser una perturbación importante en su comunicación. No obstante, para algunas serpientes se ha encontrado que las carreteras pueden reducir significativamente la capacidad de los machos para detectar y seguir las señales de feromonas dejadas por las hembras (Shine *et al.* 2004). Igualmente, se ha sugerido que vibraciones del suelo debido al tráfico en las carreteras puede afectar la movilidad, longevidad y éxito reproductivo en varias especies de reptiles (Andrews & Gibbons 2005).

Con respecto a la composición de especies y su abundancia, las áreas muestreadas se agruparon acorde a lo esperado, es decir, ensamblajes de borde de bosque tienden a ser diferentes que ensamblajes de interior de bosque. Sin embargo, para anfibios el área de interior de bosque en YA tendió a ubicarse en un punto intermedio entre áreas de borde de carretera e interior de bosque. Esto podría deberse a que la presencia de numerosos caminos y trochas, y las diversas actividades de recreación y educación en YA, implican disturbios que podrían reducir la abundancia de especies de anfibios sensibles y de interior de bosque, y/o favorecer el establecimiento de especies características de borde y áreas perturbadas (p.e. la rana *P. palmeri*). Este proceso tendería a homogenizar un poco la fauna de anfibios en el bosque de YA. Efectos del hongo Bd también podrían explicar este patrón en anfibios.

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La distribución de anfibios en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco aparentemente está más influenciada por la reducción en heterogeneidad vegetal hacia las áreas aledañas a la carretera y por los disturbios y cambios microclimáticos asociados a la misma que la distribución de reptiles. Sin embargo, tanto las poblaciones de anfibios como algunas de reptiles pueden experimentar inhibición de cruzar la carretera y estar fragmentadas internamente. Incluso en vertebrados con mayor vagilidad que los anfibios y reptiles se ha documentado fragmentación interna de poblaciones debido a la presencia de carreteras más estrechas y con menor tráfico que la presente en nuestra área de estudio (Mason 1995, Goosem 2001, 2002). Estudios de captura y recaptura y/o estudios moleculares serán necesarios para evaluar esta hipótesis y sus potenciales implicaciones para la conservación de la herpetofauna (y demás vertebrados) en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco. Por

otro lado, las especies que no se inhiban de cruzar la carretera pueden morir atropelladas. Dado que la herpetofauna en el Bosque de Yotoco es más diversa que la registrada en este estudio (anexo 1) es factible que otras especies puedan sufrir de mortalidad por atropello pero no hayan sido registradas por nosotros. Más aún, los niveles de atropello pueden variar temporalmente y no puede asumirse que sean fijos a lo largo de los años.

Una interrogante adicional que surge de nuestro estudio es si los niveles de atropellamiento de serpientes (u otro vertebrado) son suficientemente altos para reflejarse en una reducción de las poblaciones que viven en la Reserva Bosque de Yotoco. Aunque se han realizado inventarios durante varias décadas para establecer declive de poblaciones en la zona (Castro *et al.* 2006), no existen datos demográficos publicados para los anfibios y reptiles del Bosque de Yotoco. Sin embargo, tres aspectos sugieren que las poblaciones de serpientes en el área de estudio podrían ser susceptibles a la mortalidad por atropello. Primero, la Reserva Forestal Bosque de Yotoco es un fragmento de bosque rodeado por amplias áreas de pastos, aspecto que puede reducir o eliminar la inmigración de individuos. Segundo, la carretera Buga-Buenaventura fue construida hace más de 40 años, aspecto que generalmente implica una reducción del tamaño poblacional de algunas especies como consecuencia del efecto acumulativo de la mortalidad por atropello durante años (Forman *et al.* 2003). Tercero, en bosques subandinos como el Bosque de Yotoco, convergen límites de distribución altitudinal de diversas especies de vertebrados (Kattan *et al.* 1994, Lynch 1998, Kattan *et al.* 2004), por lo cual se espera una baja densidad de individuos en estas especies, lo que hace a las poblaciones especialmente susceptibles a causas adicionales de mortalidad (Brooks 2000). Para establecer si la mortalidad en

la carretera monitoreada produce un efecto negativo importante en las poblaciones de serpientes u otro vertebrado del Bosque de Yotoco, será necesario determinar el equilibrio entre los procesos de inmigración y nacimiento, y los procesos de emigración y muerte de individuos (con y sin la inclusión de las tasas de mortalidad por atropello) (Forman & Lauren 1998, Forman *et al.* 2003).

Existen muy pocos estudios acerca de los efectos ecológicos de las carreteras en Colombia (p.e. Botero & Salzwedel 1999, Argotte & Monsalvo 2002, Álvarez *et al.* 2004, López 2006, Vargas *et al.* 2006) pero son suficientes para predecir un fuerte impacto de la red vial en los ecosistemas naturales del país. Lamentablemente, en su mayoría dichos estudios no han sido publicados o no se han difundido ampliamente. La red vial de Colombia consta de más de 16.640 Km en sólo carreteras principales ([www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co)) y existen numerosos proyectos para incrementarla. Es necesario entonces, la elaboración de investigaciones y su adecuada divulgación de tal forma que se establezca una base científica sólida que ayude a promover la concientización social y política acerca de los efectos ecológicos de las carreteras en la biodiversidad de Colombia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo logístico y/o financiero de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), la asociación de cuencas de los ríos Yotoco y Media-canoa (ASOYOTOCO), la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, y en general a todas las entidades afiliadas al Comité Interinstitucional para el Manejo y Conservación de la Reserva Forestal Bosque de Yotoco (CIRNY). Especial agradecimiento a Robert Peck, Efrén Salcedo y Milton Reyes por su interés y constante apoyo a lo largo

de esta investigación. Igualmente a Mauricio Noguera, Wilmer E. Garzón, Wendy López, Manuel Ríos, Elizabeth Caicedo, Carol Vidal y los funcionarios de la CVC (Adolfo Vélez, Paola A. Mosquera y Gamaliel Ríos & familia) y de la Universidad Nacional sede Palmira (Valentín Hidalgo) por su ayuda en el trabajo de campo y/o recolección de información pertinente al tema estudiado. Importante información fue recolectada a partir de entrevistas con los pobladores vecinos a la Reserva. Gracias al biólogo Carlos Arturo Saavedra por su ayuda en la obtención de literatura y a los doctores Miriam Goosem, Ross Goldingay, Cristina Mata y Stephen C. Trombulak por compartir su amplia experiencia sobre los efectos ecológicos de las carreteras. Paul David Gutiérrez, Juan Carlos Gutiérrez, Sandra M. Durán y dos evaluadores anónimos ayudaron a mejorar sustancialmente versiones preliminares de este manuscrito. Parte del equipo utilizado para el trabajo de campo fue donado a F. Vargas por IdeaWild.

## LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, H.J.E., A.F. OCHOA, R.M. MALAGÓN & A.C. AGUDELO. 2004. Medición de los niveles de ruido generados por tráfico automotriz en la Reserva Natural de Yotoco. Informe Corporación Autónoma del Valle del Cauca C.V.C.
- ANDREWS, K.M. & J.W. GIBBONS. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioural responses to roads and vehicles. *Copeia* 4: 772-782.
- ANDREWS, K.M. & J.W. GIBBONS. 2008. Roads as catalysts of urbanization: snakes on roads face differential impacts due to inter-and intraspecific ecological attributes. Págs. 145-153. *In* J. C. Mitcheell, R. E. J. Brown & B. Bartholomew (eds.). *Urban Herpetology*. Salt Lake City: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- ANDREWS, K.M., J.W. GIBBONS & D.M. JOCHIMSEN. 2008. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A literature review. Págs. 121-143. *En*: J. C. Mitcheell, R. E. J. Brown & B. Bartholomew (eds.). *Urban Herpetology*. Salt Lake City Utah USA: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- ARESCO, M.J. 2005. The effect of sex-specific terrestrial movements and roads on the sex ratio of freshwater turtles. *Biological Conservation* 123: 37-44.
- ARGOTTE, S.D. & M.J.D. MONSALVO. 2002. Incidencia de la carretera Barranquilla - Ciénaga sobre la mortalidad de vertebrados y su relación con el medio ecológico en la vía Parque Isla de Salamanca, Magdalena, Colombia. Tesis de grado en Biología, Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- ASHLEY, E.P. & J.T. ROBINSON. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the long point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110: 403-412.
- BECKER, C.G., C.R. FONSECA, C.F. BAPTISTA-HADDAD, R.F. BATISTA & P.I. PRADO. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* 318: 1775-1777.
- BEE, M.A. & E.M. SWANSON. 2007. Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. *Animal Behaviour* 74: 1765-1776.
- BERNARDINO, Jr. E.S. & G.H. DALRYMPLE. 1992. Seasonal activity and road mortality of the snakes of the Pa-hay-okee wetlands of Everglades National Park, USA. *Biological Conservation* 62: 71-75.
- BOTERO, L. & H. SALZWEDEL. 1999. Rehabilitation of the Cienaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management*, 42: 243-256.
- BROOKS, T.M. 2000. Living on the edge. *Nature* 403: 27-29.
- BROWN, G.P., B.L. PHILLIPS, J.K. WEBB & R. SHINE. 2006. Toad on the road: use of roads as dispersal corridors by the cane toad (*Bufo marinus*) at an invasion front in

- tropical Australia. *Biological Conservation* 133: 88-94.
- CALETIO, J., J.M. FERNANDEZ, J. LOPEZ & F. ROVIRALTA. 1996. Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. *Global Biodiversity* 5: 15-18.
- CARR, L., & L. FAHRIG. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* 15:1071-1078.
- CASTRO, H.F. 1988. Informe sobre la evaluación de la herpetofauna en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco. Informe presentado al grupo de vida silvestre de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C.
- CASTRO, H.F. 1996. Herpetofauna de la Reserva del Bosque de Yotoco. Informe presentado al grupo de vida silvestre de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca C.V.C.
- CASTRO, H.F. & F. VARGAS-S. 2007. Reptilia, Squamata, Serpentes, Colubridae, *Urotheca decipiens*: distribution extension. *Check List* 3(3): 185-189.
- CASTRO, H.F. & F. VARGAS-S. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 251-277.
- CASTRO, H.F., W. BOLIVAR, B. VELÁSQUEZ-E. & M.I. HERRERA-M. 2006. Diversidad de la Herpetofauna en la Reserva Forestal de Yotoco, Cordillera Occidental de Colombia. Págs. 214. En: M. G. Andrade-C., J. Aguirre C., J. V. Rodriguez-Mahecha & M. Rocha-Campos (eds). Segundo Congreso Colombiano de Zoología. Libro de Resúmenes. Editorial Panamericana Formas e Impresos S.A.
- CORTÉS, A.M., M.P. RAMÍREZ-PINILLA, H.A. SUÁREZ & E. TOVAR. 2008. Edge effects on richness, abundance and diversity of frogs in Andean cloud forest fragments. *South American Journal of Herpetology* 3(3): 213-222.
- CRUMP, M.L. & N. SCOTT Jr. 1994. Visual encounter surveys. Págs. 84-92. En: R. W. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. A. Hayek & M. S. Foster (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. y Londres.
- ESCOBAR, D.M. 1982. Contribución al estudio fito-sociológico de la Reserva Forestal de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- ESCOBAR, D.M., H.F. CALDERÓN, C.E. DOMÍNGUEZ, R.P. OROZCO, M.L. VELASCO & E.M. ESCOBAR. 1982. Análisis estructural y de la regeneración natural de la Reserva Forestal de Yotoco - Valle. *Acta Agronómica* 32(1/4): 21-31.
- FAHRIG, L. & T. RYTWINSKI. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>
- FORMAN, R.T.T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology* 14(1): 31-35.
- FORMAN, R.T.T. & A.E. LAUREN. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review in Ecology and Systematics* 29:207-231.
- FORMAN, R.T.T., D. SPERLING, J. BISSONETTE, A. CLEVINGER, C. CUTSHALL, V. DALE, L. FAHRIG, R. FRANCE, C. GOLDMAN, K. HEANUE, J. JONES, F. SWANSON, T. TURRENTINE & T. WINTER. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, DC.
- GARCÍA, R.J.C., F. CASTRO & H. CÁRDENAS. 2005. Relación entre la distribución de anuros y variables del habitat en el sector La Romelia del Parque Nacional Natural Munchique (Cauca-Colombia). *Caldasia* 27(2): 299-310.
- GIBBONS, J.W. & R. D. SEMLITSCH. 1987. Activity patterns. Págs. 396-421. in: R. A. Seigel, J. T. Collins & S. S. Novak (eds.).



- Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. MacMillan, Nueva York.
- GOOSEM, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforests vertebrates. Págs. 241-255. En: Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press, Chicago y Londres.
- GOOSEM, M. 2000. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: edge changes in community composition. *Wildlife Research* 27: 151-163.
- GOOSEM, M. 2001. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: inhibition of crossing movements. *Wildlife Research* 28: 351-364.
- GOOSEM, M. 2002. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. *Wildlife Research* 29: 277-289.
- GRANT, T. & F. CASTRO. 1998. The cloud forest *Colostethus* (Anura, Dendrobatidae) of a region of the cordillera Occidental de Colombia. *Journal of Herpetology* 32(3): 378-392.
- GREEN, H. W. 1997. Snakes, the evolution of mystery in nature. University of California Press, Berkeley y Los Angeles, California.
- GUTIÉRREZ-LAMUS, D. L., V. H. SERRANO & M. P. RAMÍREZ-PINILLA. 2004. Composición y abundancia de anuros en dos tipos de bosque (natural y cultivado) en la cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia* 26(1): 245-264.
- GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, P.D. 2005. Diversidad y segregación de nichos en anfibios de montaña en la Reserva La Forzosa (Anorí: Antioquia). Tesis de Maestría en Bosques y conservación Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín.
- HELS, T. & E. BUCHWALD. 2001. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: 331-340.
- HERRERA, M.A., L.A. OLAYA-M. & F. CASTRO. 2004. Incidencia de la perturbación antrópica en la diversidad, la riqueza y la distribución de *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) en un bosque nublado del suroccidente colombiano. *Caldasia* 26(1): 265-274.
- HEYER, W., M. DONNELLY, R. MCDIARMID, L. HAYEK & M. FOSTER. 1994. Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- HODAR, J.A., J.M. PLEGUEZUELOS & J.C. POVEDA. 2000. Habitat selection of the common chameleon (*Chamaeleo chamaeleon*) (L.) in an area under development in southern Spain: implications for conservation. *Biological Conservation* 94: 63-68.
- HOLDEN, C. 2002. Spring road peril: toad blowout. *Science* 296:43.
- KAISER, K. & J.L. HAMMERS. 2009. The effect of anthropogenic noise on male advertisement call rate in the neotropical treefrog, *Dendropsophus triangulum*. *Behaviour* 146, 1053-1069.
- KATTAN, G.H., H. ÁLVAREZ-LOPÉZ & M. GIRALDO. 1994. Forest fragmentation and birds extinction: San Antonio Eighting years later. *Conservation Biology* 8: 138-146.
- KATTAN, G.H., P. FRANCO, V. ROJAS & G. MORALES. 2004. Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography* 31: 1829-1839.
- LESBARRERES, D., T. LODE & J. MERILÄ. 2004. What type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38(2): 220-223.
- LÓPEZ, W.F. 2006. Efecto del corredor vial Buga-Buenaventura, ubicado en la Reserva Natural Bosque de Yotoco (Valle del Cauca, Colombia) en la comunidad de Mamíferos y Fundamento para una propuesta de corredores artificiales. Tesis Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- LYNCH, J.D. 1998. New species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of Western Colombia with a

- synopsis of the distributions of species in Western Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22(82): 117-148.
- LYNCH, J.D. 1999. Lista anotada y clave para las ranas (género *Eleutherodactylus*) chocoanas del Valle del Cauca y apuntes sobre las especies de la Cordillera Occidental Adyacente. *Caldasia* 21(2): 184-202.
- LYNCH, J.D., P.M. RUIZ-CARRANZA & M.C. ARDILA-ROBAYO. 1997. Biogeographic patterns of colombian frogs and toads. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21(80): 237-248.
- MASON, D. 1995. Effects of roads on the abundance and movements of understorey birds in a Venezuelan rain forest. In "Ninth Annual Meeting of the Society for Conservation Biology, Fort Collins, Colorado, Program and Abstracts, p. 56.
- MADHUSUDAN, K. & S.W. PAIGE. 2004. Tits, noise and urban bioacoustics. *Trends in Ecology and Evolution* 19(3):109-110.
- MAZEROLLE, M.J., M. HUOT & M. GRAVEL. 2005. Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. *Herpetologica*, 61(4):380-388.
- MEFFE, K.G. & R. CARROLL. 1994. *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates Inc.
- MYERS, C.W. 1969. The ecological geography of cloud forest in Panamá. *American Museum Novitates* 2396: 1-52.
- PARRIS, K.M., M. VELIK-LORD & J.M.A. NORTH. 2009. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society* 14 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art25/>
- PEREZ-SANTOS, C. & A.G. MORENO. 1988. *Ofidios de Colombia*. Monografía IV. Museo Regionale di Scienze Naturali Torino.
- PINOWSKI, J. 2005. Roadkills of vertebrates in Venezuela. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(1): 191-196.
- POUGH, F.H., R.M. ANDREWS, J.E. CADLE, M.L. CRUMP, A.H. SAVITZKY & K.D. WELLS. 1998. *Herpetology*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, Nueva Jersey, USA.
- RENJIFO, L.M. 1999. Composition changes in a sub-Andean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology* 13: 1124-1139.
- RODDA, G.H. 1990. Highway madness revisited: roadkilled Iguana iguana in the llanos of Venezuela. *Journal of Herpetology* 24: 209-211.
- SEILER, A. 2001. Ecological effects of roads. A review. Introductory research essay, Department of Conservation Biology SLU 9(40):1-40.
- SHINE, R., M. LEMASTER, M. WALL, T. LANGKILDE & R. MASON. 2004. Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society* 9(1): 9-21.
- SPELLERBERG, I.F. 2002. *Ecological effects of roads*. Science Publishers, Inc. Enfield (NH) USA - Plymouth.
- SULLIVAN, B.K. 1981. Distribution and relative abundance of snakes along a transect in California. *Journal of Herpetology* 15: 247-248.
- SUN, J.W.C. & P. NARINS. 2005. Antropogenic sounds differentially affect amphibians call rate. *Biological Conservation* 121: 419-427.
- TROMBULAK, S.C. & C.A. FRISSELL. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1): 18-30.
- URBINA-CARDONA, J.N., M.C. LONDOÑO-MURCIA & D.G. GARCÍA-ÁVILA. 2008. Dinámica espacio-temporal en la diversidad de serpientes en cuatro hábitats con diferente grado de alteración antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Caldasia* 30(2): 479-493.
- VARGAS-S., F. & M.E. BOLAÑOS-L. 1999a. Anfibios y reptiles presentes en hábitats



perturbados de selva lluviosa tropical en el Bajo Anchicayá, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23(suplemento especial): 499-511.

VARGAS-S., F. & H. BERRIO-B. 2009. Herpetofauna asociada a la vegetación de borde de carretera en la región de Anchicayá, Valle del Cauca, Pacífico de Colombia. *Novedades Colombianas* 9(1): 28-37.

VARGAS-S., F. & M.E. BOLAÑOS-L. 1999b. Presencia de reptiles en la región de Anchicayá, a través de un gradiente de deforestación. *Caldasia* 21: 235-238.

VARGAS-S., F., M.E. BOLAÑOS-L. & H. BERRIO-B. 1997. Efecto de borde de bosque en la fauna anfibia de la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Departamento del Valle. Informe presentado a la Corporación Autónoma del Valle del Cauca CVC.

VARGAS-S., F., I. DELGADO-O. & F. LOPEZ-ARANDA. 2006. Efecto del corredor vial Buga-Buenaventura en la fauna de vertebrados terrestres de la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Valle del Cauca. Pags. 1-78. *en*: Informe Implementación de Acciones de Manejo para la Conservación del Ecosistema Andino y Subandino de la Cordillera Occidental: Bosque La Albania y Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Volumen 2. Convenio CVC-ASOYOTOCO 086 de 2005.

WELLS, K.D. 2001. The energetics of calling frogs. Págs, 45-60. *In* M. J. Ryan (ed.). *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Recibido: 11/07/2010  
Aceptado: 20/01/2011

**Anexo 1.** Anfibios y reptiles en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Valle del Cauca, Colombia. Registros correspondientes a este estudio son señalados como Vargas *et al.* (2006).

| TAXONES  | FUENTE DE REGISTRO   |
|--|--|
| <b>AMPHIBIA</b>  |  |
| <b>Bufonidae</b>   |  |
| <i>Atelopus</i> sp.  | Castro 1988, 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997.                                  |
| <i>Rhinella marina</i> Linnaeus, 1758                            | Vargas <i>et al.</i> 1997, 2006.   |
| <b>Strabomantidae</b>  |  |
| <i>Strabomantis cerastes</i> Lynch, 1975                         | Lynch 1999.  |
| <i>S. ruizi</i> Lynch, 1981                                      | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, Lynch 1999, Vargas <i>et al.</i> 2006. |
| <i>Pristimantis brevifrons</i> Lynch, 1981                       | Castro 1996, Lynch 1999.   |
| <i>P. erythropleura</i> Boulenger, 1896                          | Vargas <i>et al.</i> 1997, Lynch 1999, Vargas <i>et al.</i> 2006.              |
| <i>P. juanchoi</i> Lynch, 1996                                   | Castro 1996.   |
| <i>P. molybrignus</i> Lynch, 1986                                | Vargas <i>et al.</i> 1997.   |
| <i>P. orpacobates</i> Lynch, Ruiz-Carranza & Ardila-Robayo, 1994 | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, Lynch 1999, Vargas <i>et al.</i> 2006. |
| <i>P. palmeri</i> Boulenger, 1912                                | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, Lynch 1999, Vargas <i>et al.</i> 2006. |
| <i>P. thecopternus</i> Lynch, 1975                               | Castro 1996.   |
| <i>P. w-nigrum</i> Böettger, 1892                                | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997.  |
| <b>Centrolenidae</b>   |  |
| <i>Centrolene savagei</i> Ruiz-Carranza & Lynch, 1991            | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, 2006.                                  |

# **Continuación Anexo 1. Anfibios y reptiles en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Valle del Cauca, Colombia.**

| TAXONES   | FUENTE DE REGISTRO                              |
|---|---|
| <b>Dendrobatidae</b>  |   |
| <i>Hyloxalus fascianigrus</i> Grant & Castro-Herrera, 1998      | Castro 1996, Grant & Castro 1998.               |
| <i>Ranitomeya bombetes</i> Myers & Daly, 1980                   | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, 2006.   |
| <b>Hylidae</b>  |   |
| <i>Dendropsophus columbianus</i> Böettger, 1892                 | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, 2006.   |
| <b>Pletodontidae</b>  |   |
| <i>Bolitoglossa walkeri</i> Brame & Wake, 1972                  | Castro 1988.                                    |
| <b>REPTILIA</b>   |   |
| <b>Gekkonidae</b>   |   |
| <i>Leptodoblepharis duolepis</i> Ayala & Castro, 1983           | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 2006.         |
| <b>Gymnophthalmidae</b>   |   |
| <i>Cercosaura vetebralis</i> O'Shaughnessy, 1879                | Castro 1996.                                    |
| <i>Euspondylus stenolepis</i> Boulenger, 1908                   | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <b>Polychrotidae</b>  |   |
| <i>Anolis fraseri</i> Günther, 1859                             | Castro 1988, Vargas <i>et al.</i> 2006.         |
| <i>Norops antonii</i> Boulenger, 1908                           | Castro 1996, Vargas <i>et al.</i> 1997, 2006.   |
| <b>Colubridae</b>   |   |
| <i>Clelia clelia</i> Daudin, 1803                               | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Leptophis ahaetulla</i> Linnaeus 1758                        | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Urotheca decipiens</i> Gunter 1893                           | Vargas <i>et al.</i> 2006, Castro & Vargas 2007 |
| <i>Dendrophidium bivitattus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854 | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Erythrolamprus bizona</i> Jan, 1863                          | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Lampropeltis triangulum</i> Lacépède, 1789                   | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Tantilla longifrontalis</i> Linnaeus, 1758                   | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Imantodes cenchoa</i> Linnaeus, 1758                         | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Oxyrhopus petola</i> Linnaeus, 1758                          | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Pseustes</i> cf. <i>shropshirei</i> Barbour & Amaral, 1924   | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <i>Sibon nebulatus</i> Linnaeus, 1758                           | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |
| <b>Elapidae</b>   |   |
| <i>Micrurus mipartitus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854      | Castro 1988, Vargas <i>et al.</i> 2006.         |
| <b>Viperidae</b>  |   |
| <i>Bothriechis schelegelii</i> Berthold, 1846                   | Castro 1996.                                    |
| <i>Bothrops asper</i> Garman, 1884                              | Vargas <i>et al.</i> 2006.                      |

**Anexo 2.** Registro de vertebrados silvestres atropellados durante seis meses de muestreo (Febrero a Julio de 2006) a lo largo del segmento de 2.4 Km de la carretera Buga-Buenaventura que atraviesa la Reserva Bosque de Yotoco, Valle del Cauca, Colombia.

| Fecha de registro | Grupo faunístico | Especie                            | sexo/tamaño corporal (cm) |
|-------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Febrero 7         | mamífero         | No identificado                    |                           |
| Febrero 7         | mamífero         | No identificado                    |                           |
| Febrero 7         | ave              | <i>Phaetornis guy</i>              | macho                     |
| Febrero 12        | mamífero         | No identificado                    |                           |
| Febrero 15        | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               |                           |
| Febrero 21        | ave              | <i>Aulacorhynchus haematopygus</i> |                           |
| Marzo 19          | mamífero         | Murciélago no identificado         |                           |
| Marzo 5           | anfibio          | <i>Rhinella marina</i>             | 11                        |
| Marzo 8           | reptil           | <i>Erithrolamprus bizona</i>       |                           |
| Marzo 12          | mamífero         | <i>Didelphis marsupialis</i>       |                           |
| Marzo 19          | ave              | <i>Chlorophanes spiza</i>          | macho                     |
| Marzo 21          | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               | 60                        |
| Marzo 26          | ave              | <i>Crotophaga ani</i>              |                           |
| Marzo 21          | reptil           | <i>Micrurus mipartitus</i>         |                           |
| Abril 9           | mamífero         | Murciélago no identificado         |                           |
| Abril 9           | reptil           | <i>Oxyrhopus petola</i>            | 25                        |
| Abril 9           | mamífero         | <i>Didelphis marsupialis</i>       |                           |
| Abril 12          | mamífero         | No identificado                    |                           |
| Abril 12          | reptil           | <i>Micrurus mipartitus</i>         |                           |
| Abril 12          | reptil           | <i>Oxyrhopus petola</i>            |                           |
| Abril 19          | anfibio          | <i>Rhinella marina</i>             |                           |
| Abril 23          | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               |                           |
| Mayo 3            | reptil           | Serpiente sin identificar          | 30                        |
| Mayo 9            | reptil           | Serpiente sin identificar          | 40                        |
| Mayo 17           | anfibio          | <i>Rhinella marina</i>             |                           |
| Mayo 17           | mamífero         | <i>Didelphis marsupialis</i>       |                           |
| Mayo 17           | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               |                           |
| Mayo 20           | reptil           | <i>Oxyrhopus petola</i>            | 30                        |
| Mayo 21           | ave              | <i>Basileuterus culicivarus</i>    |                           |
| Mayo 24           | reptil           | <i>Sibon nebulata</i>              |                           |
| Mayo 31           | ave              | <i>Zenaida annulata</i>            |                           |
| Mayo 31           | mamífero         | <i>Carolia sp</i>                  |                           |
| Mayo 31           | ave              | <i>Disithamrus mantalis</i>        | macho                     |
| Junio 4           | reptil           | <i>Micrurus mipartitus</i>         | 20                        |
| Junio 4           | reptil           | <i>Imantodes cenchoa</i>           | 70                        |
| Junio 7           | anfibio          | <i>Rhinella marina</i>             |                           |
| Junio 8           | ave              | <i>Tangara vitriolina</i>          |                           |
| Junio 12          | anfibio          | <i>Rhinella marina</i>             | 10                        |
| Junio 14          | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               | 60                        |
| Junio 15          | reptil           | <i>Bothrops asper</i>              |                           |
| Junio 15          | reptil           | <i>Clelia clelia</i>               |                           |
| junio 15          | mamífero         | <i>Didelphis marsupialis</i>       |                           |
| Junio 18          | ave              | <i>Chlorophanes spiza</i>          | macho                     |
| Julio 12          | ave              | <i>Thalurania colombica</i>        | hembra                    |
| Julio 16          | reptil           | <i>Oxyrhopus petola</i>            | 25                        |
| Julio 19          | mamífero         | Murciélago no identificado         |                           |
| Julio 23          | reptil           | <i>Urotheca decipiens</i>          | 20                        |
| Julio 24          | mamífero         | No identificado                    |                           |
| Julio 25          | ave              | <i>Momotus momota</i>              |                           |